



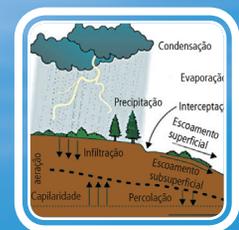
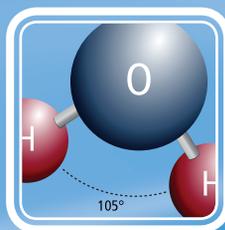
e-Tec Brasil  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

# Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos

*Catarina da Silva Pedrozo*

*Simone Caterina Kapusta*

Curso Técnico em Meio Ambiente



e-Tec Brasil  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

# Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos

*Catarina da Silva Pedrozo*  
*Simone Caterina Kapusta*



Porto Alegre-RS  
2010

© Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Este Caderno foi elaborado em parceria entre o Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal de Santa  
Catarina para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

**Equipe de Elaboração**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

Coordenação Institucional  
Elizabeth Milititsky Aguiar/IFRS

Professoras-autoras  
Catarina da Silva Pedrozo/IFRS  
Simone Caterina Kapusta/IFRS

**Comissão de Acompanhamento e Validação**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Coordenação Institucional  
Araci Hack Catapan/UFSC

Coordenação do Projeto  
Sílvia Modesto Nassar/UFSC

Coordenação de Design Instrucional  
Beatriz Helena Dal Molin/UNIOESTE

Design Instrucional  
Dóris Roncarelli/UFSC

Web Master  
Rafaela Lunardi Comarella/UFSC

Web Design  
Beatriz Wilges/UFSC  
Gustavo Mateus/UFSC

**Diagramação**

André Rodrigues da Silva/UFSC  
Bruno César Borges Soares de Ávila/UFSC  
Guilherme Ataíde Costa/UFSC

**Revisão**

Júlio César Ramos/UFSC

**Projeto Gráfico**

e-Tec/MEC

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da Universidade Federal de Santa Catarina

**P372i**

**Pedrozo, Catarina da Silva**

**Indicadores ambientais em ecossistemas aquáticos /  
Catarina da Silva Pedrozo, Simone Caterina Kapusta. -  
Porto Alegre : Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2010.**

**72 p. : il., gráfs.**

**Inclui bibliografia**

**Curso Técnico em Meio Ambiente, desenvolvido pelo  
Programa Escola Técnica Aberta do Brasil.**

**ISBN: 978-85-64270-02-2**

**1. Ecossistema aquático – Aspectos ambientais. 2. Água -  
Qualidade. 3. Impacto ambiental. 4. Indicadores ambientais I.  
Kapusta, Simone Katerina. I. Título. II.Título: Curso Técnico em  
Meio Ambiente.**

**CDU: 577.4**

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2010

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, *sites*, programas de TV.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra das professoras-autoras</b> .....	<b>9</b>
<b>Apresentação da disciplina</b> .....	<b>10</b>
<b>Projeto instrucional</b> .....	<b>11</b>
<b>Aula 1 - Água no planeta Terra</b> .....	<b>13</b>
1.1 Introdução.....	13
1.2 Água no planeta Terra.....	13
<b>Aula 2 – Principais propriedades físicas e químicas da água</b> .....	<b>17</b>
2.1 Ciclo hidrológico.....	17
2.2 Propriedades da água.....	17
<b>Aula 3 - Ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos</b> .....	<b>27</b>
3.1 Principais ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos.....	27
<b>Aula 4 - Usos da água</b> .....	<b>37</b>
4.1 Usos da água.....	37
4.2 Resolução CONAMA 357 de 2005.....	41
<b>Aula 5 - Contaminantes e poluentes aquáticos</b> .....	<b>43</b>
5.1. Origens da poluição.....	43
5.2 Principais contaminantes e poluentes aquáticos.....	43
<b>Aula 6 - Comportamento dos poluentes no meio aquático</b> .....	<b>47</b>
6.1 Mecanismos atuantes no meio aquático.....	47
<b>Aula 7 - Indicadores físicos da qualidade da água</b> .....	<b>49</b>
7.1 Indicadores de qualidade da água.....	49
7.2 Indicadores físicos.....	50
<b>Aula 8 – Indicadores químicos da qualidade da água</b> .....	<b>56</b>
8.1 Indicadores químicos.....	56
<b>Aula 9 – Indicadores microbiológicos e índice de qualidade da água</b> .....	<b>62</b>

9.1 Indicadores microbiológicos.....	62
9.2 Índice de qualidade da água (IQA).....	62
<b>Aula 10 – Coleta e preservação de amostras de água.....</b>	<b>66</b>
10.1 Técnicas de coleta e preservação de amostras de água.....	66
10.2 Procedimentos pré e pós-coletas.....	66
<b>Referências .....</b>	<b>68</b>
<b>Currículo das professoras-autoras.....</b>	<b>71</b>

# Palavra das professoras-autoras

## **Caro Estudante!**

Esta disciplina foi desenvolvida para que se possa discutir e avaliar as consequências das intervenções humanas em ecossistemas aquáticos. Conforme os desdobramentos das aulas vamos caracterizar os ecossistemas aquáticos continentais, discutir as principais propriedades da água, falar do uso das águas e seus poluentes, e abordar os principais indicadores utilizados para a sua avaliação.

Nosso foco principal serão os ambientes de água doce. Esperamos que você realize as atividades propostas e efetue as pesquisas complementares sugeridas, pois as mesmas são importantes para o desenvolvimento e aplicação dos conhecimentos pertinentes a estes estudos.

## **Bom estudo!**

Catarina da Silva Pedrozo  
Simone Caterina Kapusta

# Apresentação da disciplina

Nesta disciplina apresentaremos as principais características dos ambientes aquáticos continentais, as propriedades da água, a disponibilidade e seus usos, os principais poluentes e alguns indicadores que podem ser utilizados para o monitoramento de corpos hídricos.

Vamos discutir e aplicar a Resolução CONAMA 357 de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

As atividades a serem desenvolvidas ao longo da disciplina, são importantes para a construção do conhecimento, e esperamos que promova o entendimento sobre a complexidade da influência antropogênica em ambientes aquáticos.

# Projeto instrucional

**Disciplina:** Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos (carga horária: 30 horas).

**Ementa:** Avaliar as consequências das intervenções humanas em ecossistemas aquáticos. Introdução aos indicadores ambientais. Utilização de indicadores para análise da qualidade ambiental. Conhecer e aplicar técnicas de controle, relativas aos parâmetros de qualidade dos recursos hídricos. Conhecer práticas de conservação da água. Verificar as análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas em água. Interpretar e avaliar dados qualitativos e quantitativos, relacionados à qualidade ambiental dos recursos hídricos e sua classificação segundo as normas brasileiras. Identificar as fontes de degradação natural dos recursos hídricos. Avaliar os processos naturais de autodepuração de cursos d'água.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Água no planeta Terra.	Conhecer a distribuição da água no planeta Terra.	Material impresso da aula; acesso ao programa Google Earth; uma figura; uma tabela; um vídeo; um artigo e acesso ao site do IBGE.	02
2. Principais propriedades físicas e químicas da água.	Conhecer as principais propriedades da água.	Material impresso da aula; duas figuras; um vídeo.	03
3. Ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos.	Caracterizar os ambientes aquáticos continentais e estuarinos.	Material impresso da aula; uma figura; buscas em sites.	04
4. Usos da água.	Analisar os diversos usos da água e as exigências em relação à sua qualidade.	Material impresso da aula; uma figura; um quadro; uma Resolução.	02
5. Contaminantes e poluentes aquáticos.	Conhecer as principais contaminantes e poluentes aquáticos.	Material impresso da aula; um vídeo; acesso à apresentação no site da ANA; uma tabela.	04
6. Comportamento dos poluentes no meio aquático.	Conhecer os mecanismos que influenciam os poluentes no meio aquático.	Material impresso da aula.	02

(continua)

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
7. Indicadores físicos da qualidade da água.	Conhecer os indicadores da qualidade da água –principais indicadores físicos.	Material impresso da aula, uma tabela; uma Resolução.	03
8. Indicadores químicos da qualidade da água.	Conhecer os principais indicadores químicos.	Material impresso da aula; um vídeo; uma Resolução; um artigo.	04
9. Microbiológicos da qualidade da água e índice de qualidade da água.	Conhecer os indicadores microbiológicos e calcular o índice de qualidade da água.	Material impresso da aula; uma tabela; acesso a <i>sites</i> .	04
10. Coleta e preservação de amostras de água.	Conhecer as técnicas de coleta e preservação de amostras de água.	Material impresso da aula; manual de coleta.	02
			(conclusão)

# Aula 1 - Água no planeta Terra

## Objetivo

Conhecer a distribuição de água no planeta.

## 1.1 Introdução

*Águas escuras dos rios*

*Que levam*

*A fertilidade ao sertão*

*Águas que banham aldeias*

*E matam a sede da população...*

Música Planeta Água, compositor Guilherme Arantes

A água na Terra é a essência da vida. Este recurso tão precioso transporta através dos sistemas biológicos, os gases, minerais e componentes orgânicos dissolvidos que mobilizam o maquinário da vida. Participa de inúmeros processos tanto biológicos, como industriais. Enfim, você consegue imaginar a vida sem água? Mas como esta água está distribuída no nosso planeta? É o que estudaremos nesta aula.

## 1.2 Água no planeta Terra

No nosso planeta, cerca de 97% da água está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, e 3% da água encontra-se como água doce (Figura 1.1). Deste percentual de água doce, 68,7% apresenta-se retida nas calotas polares e geleiras, 30,1% constituem as águas subterrâneas, e somente 0,3% ocorre como água de superfície.

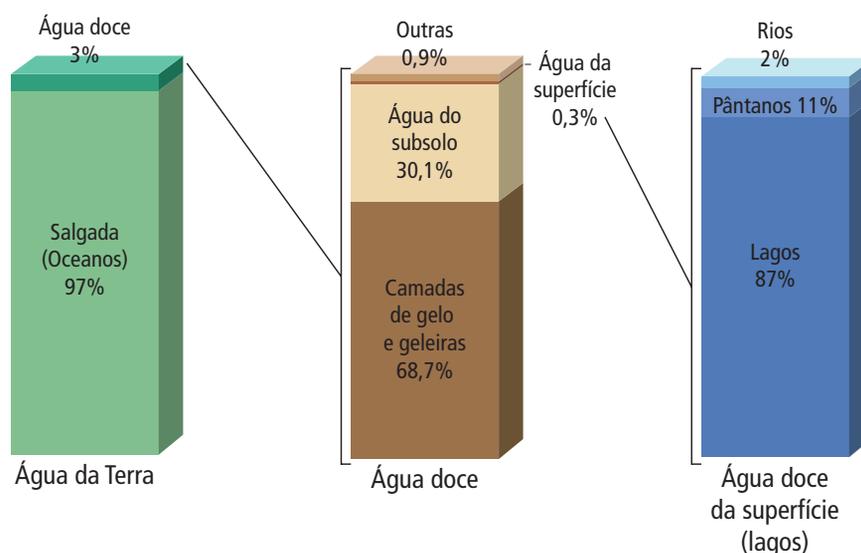
Considerando as águas de superfície (0,3% do total de água disponível), 87% da água se encontram em lagos e lagoas, 11% em pântanos e somente 2% corresponde a água presente em rios.



Accesse o programa Google Earth e observe a distribuição de água em nosso planeta. Localize a região onde você reside e observe os recursos hídricos disponíveis.



A maior reserva subterrânea do mundo de água doce é o Aquífero Guarani, sendo que 70% de sua área encontra-se no Brasil. Para saber mais acesse o site: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Aqu%C3%ADfero\\_Guarani](http://pt.wikipedia.org/wiki/Aqu%C3%ADfero_Guarani)



**Figura 1.1: Distribuição da água no planeta Terra**

Fonte: US Geological Survey, 2009, tradução Jayme Nery, disponível em: <http://ga.water.usgs.gov/edu/graphics/portuguese/earthwheredistribution.gif>

Verifica-se, portanto que o percentual disponível para o nosso consumo (águas de superfície e águas subterrâneas) é baixo, correspondendo a aproximadamente 0,77% do total de água encontrada no planeta. Observe o volume de água disponível no planeta e a sua distribuição na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Distribuição da água no planeta Terra			
Fonte de água	Volume de água, em quilômetros cúbicos	Porcentagem de água doce	Porcentagem do total de água
Oceanos, Mares e Baías	1.338.000.000	-	96,5
Camadas de gelo, Geleiras e Neve perene	24.064.000	68,7	1,74
Água do subsolo	23.400.000	-	1,7
Doce	10.530.000	30,1	0,76
Salgada	12.870.000	-	0,94
Gelo do solo e <i>Permafrost</i>	300.000	0,86	0,022
Umidade do solo	16.500	0,05	0,001
Lagos	176.400	-	0,013
Doce	91.000	0,26	0,007
Salgada	85.400	-	0,006
Atmosfera	12.900	0,04	0,001
Água dos pântanos	11.470	0,03	0,0008
Rios	2.120	0,006	0,0002
Água biológica	1.120	0,003	0,0001
Total	1.386.000.000	-	100

Fonte: Gleick, P. H, 1996

Verifique em seu município quais são os reservatórios de água doce existentes, e de qual ambiente (rio, lago, água subterrânea) é captada a água para o abastecimento urbano, divulgue no fórum da disciplina no AVEA.



Conforme consta no Relatório GEO Brasil: recursos hídricos - resumo executivo (2007), a vazão média anual dos rios em território brasileiro é de cerca de 180 mil metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ); o que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões de  $m^3/s$ . Se forem levadas em conta as vazões oriundas de território estrangeiro e que ingressam no país (Amazônica, 86.321 mil  $m^3/s$ ; Uruguai, 878  $m^3/s$  e Paraguai, 595  $m^3/s$ ), a vazão média total atinge valores da ordem de 267 mil  $m^3/s$  (ou seja, cerca de 18% da disponibilidade mundial). Nem toda a vazão média dos rios está disponível ao longo de todo o ano, o que faz com que a estimativa de disponibilidade hídrica efetiva no Brasil seja menor: cerca de 92 mil  $m^3/s$ .



Para conhecer as regiões hidrográficas do Brasil acesse a Resolução 32/2003, disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R032.htm>. Para conhecer as características de cada região, acesse o Relatório GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo (2007), disponível em: <http://www.ana.gov.br/Salamprensa/projetos/Resumo%20executivo.pdf>

Verifica-se no país, uma distribuição desigual de disponibilidade hídrica. Por exemplo, na Amazônia, onde estão as mais baixas concentrações populacionais, encontra-se 78% da água superficial do país, enquanto que no Sudeste, onde ocorre a maior concentração populacional do País a disponibilidade da água é de 6% do total.



Assista ao vídeo sobre a água, disponível em: <http://www2.tvcultura.com.br/reportereco/materia.asp?materiaid=958>

A preocupação com a escassez de água deve-se a sua distribuição desigual e em relação à sua qualidade. Os usos da água e seus principais poluentes serão tratados nas aulas 4 e 5.

Para melhor planejar e gerenciar seus recursos hídricos, o Brasil adotou, no seu Plano Nacional de Recursos Hídricos, uma divisão do país em 12 Regiões Hidrográficas, organizadas segundo a localização das principais **bacias hidrográficas** do país (Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 – Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH).

Conforme consta na referida Resolução, considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Verifique a qual região hidrográfica pertence o município onde você reside.



## A-Z

### Bacia hidrográfica

Área geográfica delimitada pelos divisores de água (parte mais alta do terreno) e drenada por um curso de água perene ou temporário e seus eventuais afluentes. Constitui um ecossistema onde deve ser planejado o sistema de gestão ambiental das áreas urbanas e rurais. Área de drenagem de um curso de água ou lago (SETTI, 1996). Disponível em: [http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=B&id\\_word=840](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=B&id_word=840)

## Resumo

Nesta aula você conheceu a distribuição da água no nosso planeta.

## Atividades de aprendizagem

1. Leia o artigo de Grassi (2001) - As águas do planeta Terra. Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Comece a construir o seu portfólio, através de uma reflexão sobre a distribuição e oferta de água doce, concentração populacional e a problemática da escassez da água no Brasil. Pesquise também informações sobre domicílios com abastecimento de água e com tratamento de esgoto no Atlas de Saneamento, disponível no *site* do IBGE: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/index.html](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/index.html)

# Aula 2 – Principais propriedades físicas e químicas da água

## Objetivo

Conhecer as principais propriedades da água.

## 2.1 Ciclo hidrológico

No contexto da **limnologia**, o estudo do ciclo hidrológico assume importância na medida em que influencia diretamente a distribuição e a extensão dos corpos de água continentais. Verifica-se na Figura 2.1, o ciclo hidrológico e seus principais processos: evaporação, evapotranspiração, condensação, precipitação, escoamento superficial e infiltração.

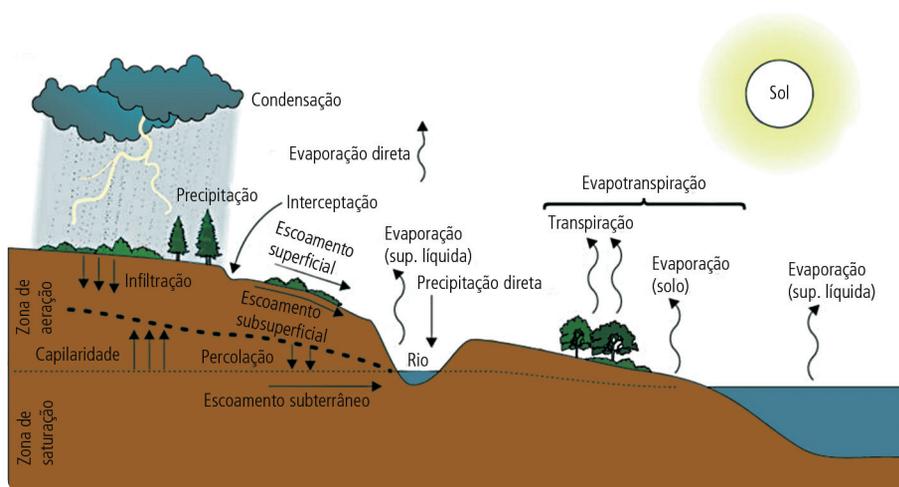


Figura 2.1: Ciclo hidrológico

Fonte: Braga et al. 2005 adaptado por Pedrozo e Kapusta

## 2.2 Propriedades da água

O balanço entre os diferentes elementos do ciclo hidrológico determina as características hidrológicas e geoquímicas dos corpos de água. Por exemplo, se em uma determinada região, o elemento do ciclo hidrológico predominante é a evaporação, os corpos de água aí existentes serão, na maioria, com águas geralmente salobras (salinização) devido ao acúmulo de íons.

### A-Z

#### Limnologia

A limnologia (do grego, *limne* - lago, e *logos* - estudo) é a ciência que estuda as águas interiores, independentemente de suas origens (estudadas pela geologia), mas verificando as dimensões e concentração de sais, em relação aos fluxos de matéria e energia e as suas comunidades bióticas, disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Limnologia>



Ciclo hidrológico:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_hidrológico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrológico)

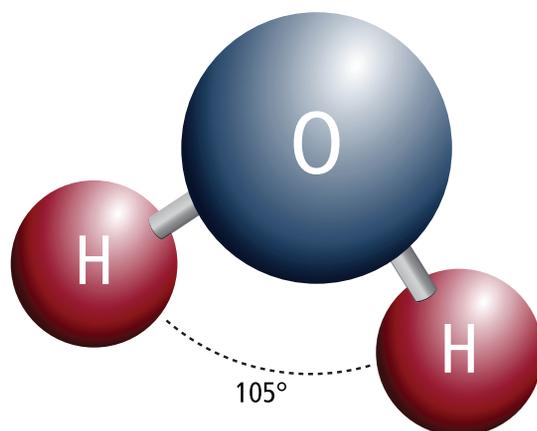
Este fenômeno é ainda mais acentuado nas regiões onde, além de intensa evaporação, o lençol freático localiza-se próximo à superfície (cerca de um metro). Neste caso, a água subterrânea ascende por capilaridade, liberando sais na superfície do solo. Em períodos de chuvas intensas, estes sais podem ser carregados para os corpos da água, onde se acumulam.

Em particular, suas propriedades peculiares da expansão térmica, seu alto calor específico e as características líquidas e sólidas da água formam um ambiente estratificado que controla as dinâmicas químicas e biológicas dos ambientes aquáticos.



Assista ao vídeo sobre as propriedades da água disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=u13-8QcnmNc>

Muitas das propriedades únicas da água são resultantes da sua estrutura molecular. Esta determina sua propriedade como solvente e, principalmente, os estados de agregação das moléculas. A molécula da água (Figura 2.2) apresenta-se como um dipolo, devido à configuração dos átomos de hidrogênio em relação ao átomo de oxigênio (SCHÄFER, 1985).



**Figura 2.2: Estrutura molecular da água**

A habilidade de íons e outras moléculas de se dissolverem em água é devido à sua polaridade.

### **2.2.1 Calor específico e calor de vaporização da água**

Calor específico é a quantidade de energia necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 kg de água a 14,5°C e corresponde a 1 kcal (= 4,186J). Este valor para a água é muito elevado quando comparado a outros líquidos com características semelhantes, sendo ultrapassado apenas pela amônia líquida (1,23 kcal) e hidrogênio líquido (3,4 kcal).

### 2.2.2 Tensão superficial da água

O arranjo das moléculas de água na camada de contato com o ar forma uma película delgada que possui determinada tensão, chamada tensão superficial. As moléculas estão sujeitas a forças de atração exercidas pelas moléculas vizinhas. Esse fenômeno gera uma certa coesão molecular que, embora inferior à existente em um corpo sólido, é muito superior à dos gases. No líquido, portanto, a camada de moléculas que ocupa a sua superfície está sujeita a uma atração unilateral, pois a atração exercida pelas moléculas de líquido, que estão abaixo, é muito maior que a atração que sobre elas exercem as moléculas de ar. Isso faz com que as moléculas da película superficial sejam muito mais coesas entre si, originando “o fenômeno de tensão superficial”. Essa película de tensão superficial é que dá forma à gota da água, sendo ainda responsável pela curvatura (ou menisco) das superfícies líquidas.

### 2.2.3 Viscosidade da água

É a capacidade da água em oferecer resistência ao movimento dos organismos e das partículas nela presentes.

A viscosidade da água é função da temperatura e do teor de sais dissolvidos.

### 2.2.4 Densidade da água

A densidade de uma substância é a relação entre a massa e o volume que ela ocupa. A 4°C, a água tem a densidade considerada padrão de 1 g.cm<sup>3</sup>.

Os principais fatores que influenciam a densidade da água são: salinidade, temperatura e pressão.

- a) **salinidade** – pode ter grande influência sobre a estratificação dos corpos de água, visto que a densidade da água aumenta com a elevação da concentração de sais. Tal tipo de estratificação denomina-se estratificação química ou ectogênica;
- b) **temperatura** – é um dos mais importantes. Com relação à temperatura, a água tem um comportamento diferente dos outros líquidos. Sua densidade não aumenta progressivamente com o abaixamento da temperatura, mas alcança seu máximo valor a aproximadamente 4°C (1.000 g.dm<sup>3</sup> = 1); abaixo desta temperatura sofre uma queda lenta, para em seguida, cair bruscamente;

- c) **pressão** – tem efeito direto sobre a densidade da água, uma vez que para cada 10 atm ( $\approx 100\text{m}$  de profundidade) de pressão, ocorre abaixamento de  $0,1^\circ\text{C}$ . Este fato assume relevância somente em lagos profundos, como o lago Tanganica (1.470 m) e lago Baical (1.620 m) nos quais a temperatura do hipólímnio pode ser rebaixada ainda mais devido ao efeito de pressão.

## 2.2.5 Capacidade de solubilização de gases pela água

### 2.2.5.1 Oxigênio

A presença ou ausência de oxigênio influi decisivamente nas comunidades aquáticas e no balanço de vários nutrientes.

A solubilidade do oxigênio na água é um dos principais fatores para uma diferenciação entre sistemas aquáticos e terrestres.

Diferenças entre o valor encontrado na água e o valor da solubilidade normal à mesma temperatura são expressas em por cento, acrescentando o sinal + ou -, conforme se tratar de subsaturação ou supersaturação (KLEEREKOPER, 1990).

Segundo Kleerekoper (1990), a expressão em percentual de saturação fornece valiosos dados ao limnologista, ao julgar as condições da água. Se, por exemplo, em determinada água a quantidade de oxigênio dissolvido por litro for de 4,15 mg, à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , a saturação corresponderá a:

$$X = (A \times 100)/N$$

$$X = (4,15 \times 100)/9,39$$

$$X = 44,19\%$$

sendo:

X: saturação em percentual (%),

A: quantidade de  $\text{O}_2$  encontrada e,

N: quantidade normal à temperatura verificada.

O oxigênio é proveniente de duas principais fontes:

- a) da atmosfera;
- b) da assimilação fotossintética das plantas submersas clorofiladas.

As reservas de  $O_2$  na água podem ser diminuídas por:

- a) processos de respiração de plantas e animais;
- b) pela decomposição das substâncias orgânicas na água e em seu leito, por processos químicos e bioquímicos.

Além destes deve-se ressaltar os processos mecânicos, como a ação do vento e correntes, as quais, quando há supersaturação, fazem com que o excesso seja cedido para a atmosfera.

#### 2.2.5.2 Gás carbônico

É 35 vezes mais solúvel na água do que o oxigênio e 700 vezes menos abundante do que no ar.

O  $CO_2$  na água é proveniente de várias fontes:

- a) do ar - onde se encontra em pequena quantidade, sendo sua pressão parcial apenas de 0,00032 atmosfera;
- b) da decomposição de matéria orgânica;
- c) da respiração de micro e macrorganismos.

Águas subterrâneas são frequentemente enriquecidas por  $CO_2$ , formado no solo, por processos de decomposição e de respiração.

O principal processo consumidor de gás carbônico na água é o fotossintético das plantas clorofiladas. Constitui a matéria prima insubstituível dos hidratos de carbono, sintetizados pelos vegetais.

O gás carbônico não se encontra na água apenas da forma dissolvida. Pode ser incorporado em dois grupos de sais:

- a) carbonatos;
- b) bicarbonatos.

Em grandes concentrações, o gás carbônico tem uma influência negativa sobre a maioria dos organismos aquáticos, principalmente quando essa concentração é acompanhada por um baixo teor de oxigênio, situação frequente nas águas ricas em matéria orgânica.

### 2.2.5.3 Outros gases dissolvidos

Gases com importância limnológica:

- a) metano ( $\text{CH}_4$ );
- b) gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Ambos são produtos da decomposição de matéria orgânica em condições **anaeróbicas**.

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é produzido principalmente na decomposição anaeróbica de celulose. Algumas bactérias podem utilizar o carbono deste gás, formando  $\text{CO}_2$ , na presença de  $\text{H}_2\text{O}$ . Este  $\text{CO}_2$  é provavelmente utilizado na síntese de substância orgânica na bactéria.

O gás sulfídrico ocorre em menor quantidade, mas de consequências fatais, é outro gás comum em águas estagnadas. Forma-se também em condições anaeróbicas, mas somente onde existem sulfatos ou outras substâncias sulfurosas na água ou na matéria orgânica em decomposição.

### 2.2.6 Os sais minerais

As águas naturais têm concentrações muito variáveis de sais dissolvidos:

- a) **água doce:** desde águas quase puras quanto águas com até 0,5 g de substâncias dissolvidas por litro. As substâncias mais importantes são carbonatos, sulfatos e cloretos (cálcio = 64%, magnésio = 17%, sódio = 16% e potássio = 3%). Os cloretos provêm da água da chuva (mar). Os sulfatos são provenientes do gesso, pirita de ferro e emanções vulcânicas;
- b) **água do mar:** é mais estável que a das águas doces. A salinidade média do mar é 35‰, do mar vermelho é 41‰, do mar negro de 19‰ e do mar báltico de 12‰.

#### 2.2.6.1 Nutrientes

O nitrogênio e o fósforo são dois elementos indispensáveis à síntese da matéria viva e por essa razão desempenham o papel de fatores limitantes da fotossíntese quando se acham presentes em quantidades insuficientes.

#### A-Z

##### Aeróbio/Anaeróbio

Aeróbios são organismos para os quais o oxigênio livre do ar é imprescindível à vida. Os anaeróbios, ao contrário, não requerem ar ou oxigênio livre para manter a vida; aqueles que vivem somente na total ausência do oxigênio livre são os anaeróbios estritos ou obrigatórios; os que vivem tanto na ausência quanto na presença de oxigênio livre são os anaeróbios facultativos. "Aeróbio - diz-se de um organismo que não pode viver em ausência do oxigênio" (DAJOZ, 1973).

Disponível em:

[http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id\\_word=1](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id_word=1).

As quantidades de fósforo e de nitrogênio disponíveis na forma assimilável de fosfatos e nitratos são pequenas na superfície da zona fotossintética. Os nitratos e os fosfatos tendem a se acumular na profundidade onde se formam em consequência da decomposição bacteriana da matéria orgânica (animais e vegetais) em decomposição.

### 2.2.6.2 Principais cátions e ânions

Os principais cátions presentes em lagos são:

- a) cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ );
- b) magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ );
- c) sódio ( $\text{Na}^{2+}$ );
- d) potássio ( $\text{K}^{+}$ );
- e) ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ );
- f) manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ).

Os principais ânions são:

- a) cloreto ( $\text{Cl}^{-}$ );
- b) sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ );
- c) carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ );
- d) bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ).

Vários fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos da água, como:

- a) a geologia da área de drenagem dos efluentes;
- b) a geologia da bacia de acumulação do lago;
- c) o regime de chuvas.

Em regiões com baixa precipitação e predominância de rochas magmáticas, a composição iônica da água é em geral dominada pela água da chuva.

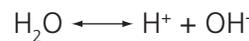
Por outro lado, em regime de alta pluviosidade e predominância de rochas sedimentares, a composição iônica da água é determinada pela composição

das rochas, ou seja, pela geologia da bacia de drenagem.

Para muitos corpos de água, deve-se levar em conta também o tipo de influência antrópica à qual estes corpos de água estão submetidos.

### 2.2.7 Princípios físico-químicos do pH

Em água pura existe uma quantidade, embora pequena, de íons  $H^+$  e  $OH^-$  em equilíbrio com as moléculas de água. Estes íons são formados pela dissociação da água:



Quando ocorre concentração idêntica de íons  $H^+$  e  $OH^-$  a solução é dita neutra.

Uma solução com maior concentração de íons  $H^+$ , é ácida.

Quando ocorre o contrário, é básica.

O pH então, nada mais é do que a basicidade ou a acidez de uma solução.

O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio:  $pH = -\log [H^+]$  (para coeficiente de atividade hidrogeniônico unitário).

Considerando uma solução neutra, onde  $[H^+] = [OH^-] = 1,0 \times 10^{-7} M$  a  $25^\circ C$ , o pH é:  $-\log [H^+] = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7$ .

No ambiente natural, como é de se esperar, não ocorre, via de regra, número igual de  $H^+$  e  $OH^-$ , mas suas concentrações são fortemente influenciadas por sais, ácidos e bases presentes no meio.

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes e, ao mesmo tempo, uma das mais difíceis de interpretação. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo:

- a) pela concentração de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico ( $H_2CO_3 \longleftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$ ), que gera valores baixos de pH;

- b)** pelas reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula da água que elevam os valores de pH para a faixa alcalina.

A grande maioria dos corpos de água continentais tem pH variando entre 6 e 8; no entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais alcalinos. Em ambos os casos, estes ecossistemas apresentam comunidades vegetais e animais características.

Águas estagnadas, ricas em matéria orgânica, onde ocorre uma grande variação de ácidos orgânicos e inorgânicos (ácidos carbônico, sulfúrico, nítrico, oxálico, acético e seus sais ácidos) são frequentemente muito ácidas (KLEER-KOPER, 1990).

## Resumo

Nesta aula você conheceu os principais processos envolvidos no ciclo hidrológico, bem como as propriedades da água.

## Atividades de aprendizagem

1. Como o homem pode interferir no ciclo hidrológico? Correlacione as interferências com as propriedades da água estudadas nesta aula.



# Aula 3 - Ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos

## Objetivo

Caracterizar os ambientes aquáticos continentais e estuarinos.

### 3.1 Principais ecossistemas aquáticos continentais e estuarinos

De acordo com Odum (1988) os habitats de água doce podem ser considerados como:

- a) ecossistemas de águas paradas ou lênticos, tais como os lagos, lagoas e tanques;
- b) ecossistemas de águas correntes ou lóticos, tais como rios, arroios, riachos;
- c) alagados, onde os níveis de água flutuam para cima e para baixo, muitas vezes sazonalmente além de anualmente, tais como os brejos e pântanos.

As águas subterrâneas apesar de constituírem um grande reservatório de água doce, de acordo com o autor, de modo geral não são consideradas ecossistema, uma vez que contêm pouca ou nenhuma vida (às vezes bactérias).

#### 3.3.1 Ecossistemas lênticos

Nestes ecossistemas estão incluídos os lagos e lagoas, que são corpos de água cercados por terra. Os lagos geralmente são mais extensos e profundos que as lagoas.

A maioria dos lagos naturais foi formado por forças tectônicas, vulcânicas ou glaciais. Os demais resultaram de deslizamentos de terra, ação de um rio, vento, meteoritos, atividades de animais e pela ação humana.

Eles nascem através de eventos geológicos catastróficos ou graduais e vão usualmente sendo rejuvenescidos ou tornam-se extintos em processos similares.

Segundo Schäfer (1985), os lagos podem ser tipificados geomorfologicamente de acordo com a sua gênese:

a) gênese endógena:

- tectônica;
- vulcânica.

b) gênese exógena:

- erosiva (glacial, marinha, fluvial, eólica, química);
- acumulativa (glacial, marinha, fluvial, eólica, desabamento e biológica).

Além dos tipos mencionados, existem lagos artificiais criados pelo homem para a geração de energia, irrigação e controle de fluxo, etc.



Para saber mais sobre os lagos  
acesse o site <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lago>

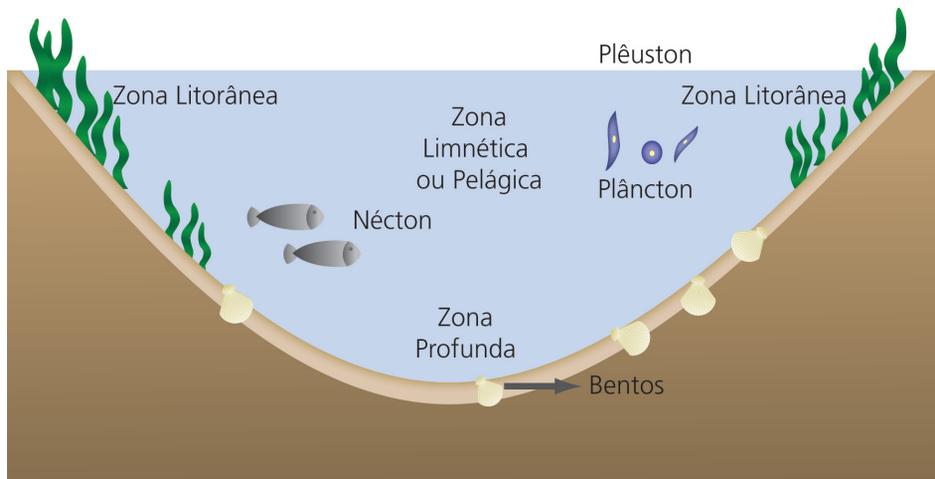
A tipificação de lagos, de acordo com o balanço térmico, inclui a localização do lago tanto em altitude como em latitude.

### 3.3.1.1 Zonação

Em lagos e lagoas, podem ser diferenciadas as seguintes zonas (Figura 1.2):

- a) **zona litorânea** – águas rasas, próximas às margens, geralmente rica em oxigênio, luminosidade, onde se desenvolvem macrófitas enraizadas, com grande número de nichos ecológicos e cadeias alimentares tanto de herbivoria quanto de detritos. Nesta zona ocorrem diversos organismos, tais como oligoquetas, moluscos, crustáceos, insetos;
- b) **zona limnética ou pelágica** – água aberta, onde as comunidades características são o plâncton e o nécton;
- c) **região profunda** - contém apenas organismos heterótrofos, dependência da produção da matéria orgânica nas regiões anteriores. Sua comunidade é a bentônica formada principalmente por oligoquetos, crustáceos, moluscos, larvas de insetos, etc;

**d) interface água-ar** – os organismos que permanecem nesta interface, são conhecidos como nêuston (microrganismos) e o plêuston (macrorganismos que nadam na superfície ou andam na mesma, tais como plantas flutuantes, larvas de insetos, entre outras).



**Figura 3.1: Principais zonas de ambientes lênticos**  
Fonte: Connecticut Water Trails Program, adaptado por Pedrozo e Kapusta



Para saber mais sobre as principais zonas/regiões dos ambientes aquáticos, acesse o site do Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental, disponível em: <http://www.dern.ufes.br/limnol/main.html>

### 3.3.2 Ecossistemas Lóticos

Hidrologicamente, o rio é um sistema aberto, com fluxo contínuo da nascente à foz, cujo vetor é determinante das características de cada unidade fluvial e da comunidade biótica que a constitui, as quais apresentam adaptações que as tornam capazes de evitar a deriva em direção à foz. Toda a região pelágica está caracterizada pela instabilidade da água; na região bentônica tem-se uma composição de diferentes tipos de comunidades, em dependência da força de água ou da velocidade da correnteza ou, em última análise, da declividade do rio. As comunidades se tornam, por este motivo, bioindicadores que caracterizam as condições ambientais em distintas zonas do rio (SCHÄFER, 1985).

As principais origens são o gelo derretido e drenagem do solo e água subterrânea.

Para melhor entender um rio como formador da paisagem num contexto histórico e produto de múltiplos processos atuais, é necessário descrever, sucintamente, os componentes do meio abiótico de um ecossistema fluvial: a hidrologia, o clima e a geomorfologia.

### 3.3.2.1 Tipologia morfológica, climática e hidrológica

#### a) Tipos morfológicos

De acordo com Schäfer (1985), os rios podem ser diferenciados em dois grandes grupos morfológicos, dependendo da localização e extensão de seu curso, abrangendo distintas regiões topográficas:

- rios de regiões montanhosas: nascendo na altitude, e tendo como características a declividade, grande velocidade de corrente de água e processos de erosão;
- rios de planície: nascente na planície, caracterizado pelo baixo declive, processos predominantes são erosão lateral e acumulação.

A maioria dos rios representa uma mistura entre esses dois tipos extremos, possuindo um curso superior em região montanhosa e curso inferior na planície com foz no mar ou em outro rio.

#### b) Tipos climáticos

Os rios em maior extensão não atravessam unicamente regiões de diferente topografia, mas também regiões com diferenças climáticas. Em dependência da localização do curso, em regiões áridas ou úmidas, pode-se distinguir quatro tipos:

- **dirréico:** rios com nascente e foz em zonas úmidas e curso médio em zonas áridas (Rio São Francisco, Brasil);
- **endorréico:** rios com nascente em zona úmida, foz em zonas áridas (rio Nilo, África);
- **arréico:** rios que estão localizados, das nascentes à foz, em zonas áridas (alguns rios africanos e do nordeste brasileiro, frequentemente temporários e com salinidade em suas águas);
- **eurréico:** rios localizados, da nascente à foz, em zonas úmidas (rios amazônicos e do sul do Brasil).

### c) Tipos hidrológicos

O elemento mais importante é a precipitação, porém essa se modifica em função de outros fatores como a geologia da região, declive, entre outros.

Podem-se diferenciar, dentro desse tipo:

- regime glacial;
- regime pluvial;
- regime nival.

Tendo em vista que os elementos principais dos regimes dependem das condições climáticas, como estações do ano, pluviosidade e localização em altitude, existem correlações entre o tipo de regime e esses fatores.

### 3.3.2.2 Zonação de rios

De acordo com Schäfer (1985), obtém-se uma divisão ecológica do rio, hipotética, pela inclusão dos seguintes fatores: teor de oxigênio, temperatura da água, oscilação diária ou anual da temperatura, quantidade de material suspenso, consumo de oxigênio, carga de nutrientes, desenvolvimento de uma comunidade autóctone e distribuição de formas bióticas adaptadas em dependência da velocidade da água.

Em termos funcionais de ecossistema, a zonação provoca uma separação espacial também dos processos básicos de intercâmbio energético, considerando o consumo, produção e decomposição (SCHÄFER, 1985).

Considerando os fatores acima mencionados, pode-se verificar em um rio, as seguintes zonas:

- a) curso superior ou ritral** – estende-se da fonte, nascente (crenal) até o ponto onde a amplitude anual da temperatura média mensal não ultrapassa 20°C (regiões temperadas); caracteriza-se por forte declive, água bem oxigenada e o volume do fluxo é pequeno; a velocidade da correnteza é alta, predomina a erosão sobre a deposição; o substrato pode ser composto de rochas fixas, pedras, cascalho ou areia fina. Apenas em pequenas poças ou áreas protegidas, o lodo pode ser depositado. Ausência quase completa de plâncton. Comunidades dependem principalmente

**autóctone**

Termo que significa “nativo”, usado principalmente para designar espécies da flora e da fauna cujo hábitat, pelo que se conhece, não apresenta variações. Empregado em outras áreas de conhecimento para qualificar aquilo que se forma ou ocorre no lugar considerado. Em Biologia “Microorganismos que exibem os processos de renovação mais ou menos constantes, a baixas concentrações de elementos nutritivos” (ODUM, 1972). “Formado in situ: originário do próprio lugar onde habita atualmente” (GOODLAND, 1975). Em Geologia “Formação originária in situ, ex: argilas primárias, carvão mineral” (GUERRA, 1978).

Disponível em: [http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id\\_word=78](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id_word=78)

**alóctone**

“Quem ou que veio de fora; que não é indígena da região; estrangeiro” (GOODLAND, 1975). “Que se encontra fora de seu meio natural” (LEMAIRE & LEMAIER, 1975). “Denominação muito usada em geomorfologia, referindo-se a solos e rios. Este termo vem do grego e significa allos - outro, Khthon - terra; por conseguinte, são os depósitos constituídos de materiais transportados de outras áreas. O rio que percorre determinadas regiões e não recebe no seu curso médio e inferior nenhum afluente diz-se, neste caso, que é alóctone. O antônimo de alóctone é autóctone” (GUERRA, 1978).

Disponível em: [http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id\\_word=31](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id_word=31)

da introdução de material alóctone inorgânico e orgânico. Predominância de consumo;

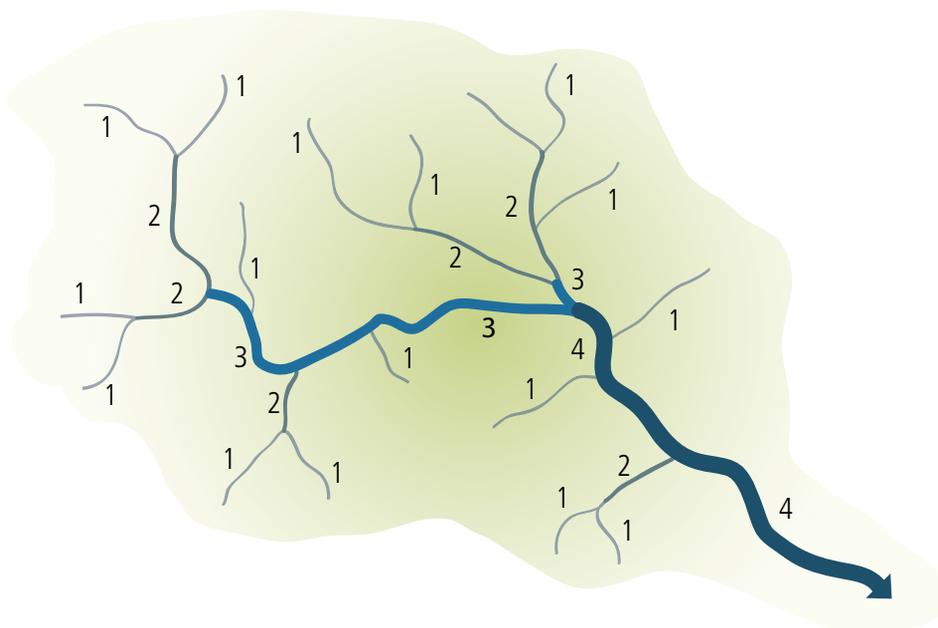
- b) o sistema de transição** – heterogeneidade dos fatores ambientais, alta transparência, baixa profundidade da coluna de água, recebe, além de material **autóctone** (organismos mortos oriundos do curso superior), substâncias inorgânicas e orgânicas **alóctones**. A função principal desse segundo ecossistema é a produção de biomassa própria, do rio, nos níveis de produtores, consumidores e decompositores. Predomínio de assimilação ou produção primária;
- c) curso inferior ou potamal** – onde a amplitude anual da temperatura média mensal ultrapassa 20°C, em latitudes tropicais, o valor máximo de verão desta temperatura ultrapassa 25°C; fraco declive, a velocidade da correnteza, acima do leito do rio, é baixa e tende a ser laminar, sedimentação predomina sobre a erosão, águas pouco oxigenadas, maior profundidade e largura, quando comparado com o curso superior. O leito do rio é composto predominantemente por areia ou lodo, embora cascalho possa estar presente. Predomínio da decomposição.

Atualmente, estuda-se o rio juntamente com sua bacia, com a qual realizam-se trocas de matérias mais ou menos expressivas. O conceito de *continuum* (VANNOTE et al. 1980), desenvolvido a partir do estudo de rios não-perturbados pelo homem, cujo curso superior localiza-se em regiões arborizadas, admite que diversas características geológicas, físicas e bióticas variam segundo um gradiente contínuo e previsível desde a nascente até a foz (DAJOZ, 2005).

### 3.3.2.3 Classificação de rios

Um método de classificação, ou ordenação hierárquica de arroios dentro de uma bacia hidrográfica foi desenvolvido por Horton (1945) e modificado por Strahler (1952, 1957).

De acordo com a classificação, a porção de rio compreendida entre a nascente e o primeiro afluente é um curso d'água de primeira ordem. Quando dois cursos d'água de primeira ordem se juntam, formam um curso de segunda ordem. Quando dois cursos de segunda ordem se reúnem, formam um de terceira ordem, e assim por diante (Figura 3.2). Os cursos de ordem 1 a 4 são pequenos rios, de ordem 4 a 6 são rios de tamanho ou trecho médio, ordem superior a 7 são grandes rios (DAJOZ, 2005).



**Figura 3.2: Hierarquia de rios em uma bacia hidrográfica. Os números representam as ordens dos rios**

Fonte: EPA United States Environmental Protection Agency. Adapted for the Internet from Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. The Federal Interagency Stream Restoration Work Group (1998)

### 3.3.3 Áreas alagáveis

Áreas alagáveis são áreas de terras baixas que são sujeitas a inundação pelo transbordamento de águas de rios ou lagos aos quais elas são associadas. O fluxo traz mudanças no ambiente físico-químico que a **biota** reage através de adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas ou etológicas, ou por mudanças na estrutura da comunidade.

Welcomme (1979) classificou planícies de inundação de rios de acordo com sua gênese em três tipos:

- a) **áreas alagáveis de margem** – aquelas acompanhando cursos de rios, que são o canal principal durante a fase de descarga alta. Estas estão secas durante a fase de baixa descarga, quando as águas estão confinadas dentro de um canal menor;
- b) **deltas internos** – grandes áreas alagáveis, desenvolvidas devido a acidentes geográficos como o bloqueio do curso do rio pelas características geológicas e a subsequente deposição do material aluvial;



Acesse o trabalho de Vannote et al. (1980), em: [http://fishlab.nres.uiuc.edu/NRES\\_409/Documents/vannote\\_1980.pdf](http://fishlab.nres.uiuc.edu/NRES_409/Documents/vannote_1980.pdf)

Para informações adicionais acesse o site: [http://en.wikipedia.org/wiki/Strahler\\_number](http://en.wikipedia.org/wiki/Strahler_number)

### A-Z

#### Biota

é o conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente geológico, como, por exemplo, biota marinha e biota terrestre, ou, mais especificamente, biota lagunar, biota estuarina, biota bentônica. As variações climatológicas e ambientais em geral, como salinização de uma laguna, quantidade de sedimentos em suspensão, altera a biota pela adaptação, mutação e extinção de espécies, entrada de novas espécies e gêneros. Assim, os estudos paleontológicos na sucessão de camadas (bioestratigrafia) ajudam a desvendar não só os ambientes, mas também as variações ambientais do passado (paleoambiente), registrados nessas rochas, principalmente por comparação com estudos atuais das biotas características de cada ambiente terrestre. Disponível em: <http://vsites.unb.br/ig/glossario/verbete/biota.htm>



Acesse o site <http://www.biota.org.br/index> e conheça o programa biota da FAPESP.

- c) **áreas deltaicas costeiras** – aquelas desenvolvidas em bocas de rios devido a deposição de material aluvial como um delta tipicamente parecido com um funil crescendo até o mar, lago ou grande rio. Em deltas costeiros marinhos, a interferência entre alagamento de rio e atividades de maré causam condições hidrológicas específicas que frequentemente refletem ritmos de maré sem a interferência de água salina.



Verifique em seu estado se há programas parecidos com programa biota da FAPESP, e divulgue no fórum da disciplina no AVEA

### 3.3.3.1 Processos espaciais e temporais em áreas alagáveis

O regime hidrológico dos rios e lagos, associado com áreas alagáveis varia consideravelmente em qualquer ciclo hidrológico.



Conheça o Glossário Geológico Ilustrado e verifique a quantidade de verbetes que consta de seu vocabulário. Disponível em: <http://vsites.unb.br/ig/glossario/index.html>

Amplitude, duração e frequência do alagamento, dependem da quantidade e distribuição da precipitação, clima, geomorfologia, tamanho do rio e a vegetação da área de tomada.

Padrões de fluxo monomodais (um fluxo apenas) são comuns em grandes rios e áreas (tropicais e subtropicais) com distintas estações úmidas e secas.

Bimodais podem ocorrer em zonas temperadas onde um alagamento de primavera é causado pelo gelo derretido e o segundo alagamento no outono resultado do aumento da precipitação.

### 3.3.3.2 Relações biológicas e químicas entre rios e suas áreas alagáveis

Em uma área alagável, a produção primária normalmente é igual ou excede a respiração, tanto que algumas comunidades estão entre as mais produtivas da terra.

Áreas alagáveis são importantes recursos de carbono orgânico particulado e dissolvido, provendo nutrientes para a cadeia trófica heterotrófica do canal principal.

As trocas de vida animal e as plantas, entre o canal principal do rio e sua área alagada, é de importância fundamental.

### 3.3.4 Ambientes aquáticos construídos

No Brasil as represas e açudes são formados principalmente pelo represamento de rios para atender os seguintes objetivos: abastecimento de águas, regularização de cursos, obtenção de energia elétrica, irrigação, navegação e recreação, entre outros.

Realize uma busca sobre as hidrelétricas presentes no seu estado.



### 3.3.5 Estuários

Um estuário é um corpo de água semi-fechado que tem uma livre conexão com o mar aberto e dentro do qual a água marinha sofre diluição pelo aporte de água continental (Pritchard, 1967 apud Day et al. 1989).

De acordo com Kjerfve (1989), pode-se subdividir o estuário em três zonas distintas:

- a) zona de maré do rio - parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré;
- b) zona de mistura - região caracterizada pela mistura de massas de água doce e salgada, e a existência de fortes gradientes físicos, químicos e bióticos;
- c) zona costeira - região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira.

As flutuações de salinidade que ocorrem nestes ambientes são influenciadas por algumas características tais como formato e área do estuário (geomorfologia), volume e frequência do aporte de água doce (condições meteorológicas da região) e amplitude da maré.

Estuários e rios são geralmente mais produtivos do que os lagos. Estes ambientes tipicamente mais férteis também podem ser classificados como **oligotróficos** ou **eutróficos** em relação a outros de sua região.

#### A-Z

##### Oligotrófico

“Ambiente em que há pouca quantidade de compostos de elementos nutritivos de plantas e animais. Especialmente usado para corpos d’água em que há pequeno suprimento de nutrientes e daí uma pequena produção orgânica” (ACIESP, 1980).

“Diz-se dos lagos que possuem um baixo teor de substâncias nutrientes básicas para vegetais e onde falta uma estratificação nítida no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, no verão e no inverno” (CARVALHO, 1981).

Disponível em: [http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=O&id\\_word=547](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=O&id_word=547)

##### Eutrófico

Fenômeno causado pelo excesso de nutrientes (compostos químicos ricos em fósforo ou nitrogênio, normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais).

Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Eutrofiza%C3%A7%C3%A3o>

## Resumo

Nesta aula você verificou como se classificam os ambientes aquáticos.

## Atividades de aprendizagem

1. Verifique os ambientes aquáticos presentes em sua região. São ambientes lóticos (rios) ou lênticos (lagos, lagoas)? Fotografe o seu entorno, observe se o mesmo está ou não preservado. Compartilhe suas impressões no fórum da disciplina no AVEA.

# Aula 4 - Usos da água

## Objetivo

Analisar os diversos usos da água e as exigências em relação à sua qualidade.

## 4.1 Usos da água

(BRAGA et al., 2005; DERÍSIO, 2007)

A água é de vital importância para a existência e manutenção da vida. A água representa 60 a 70% da massa do corpo humano, dependente da idade. Em crianças entre 0 a 2 anos de idade, representa entre 75 a 80%.

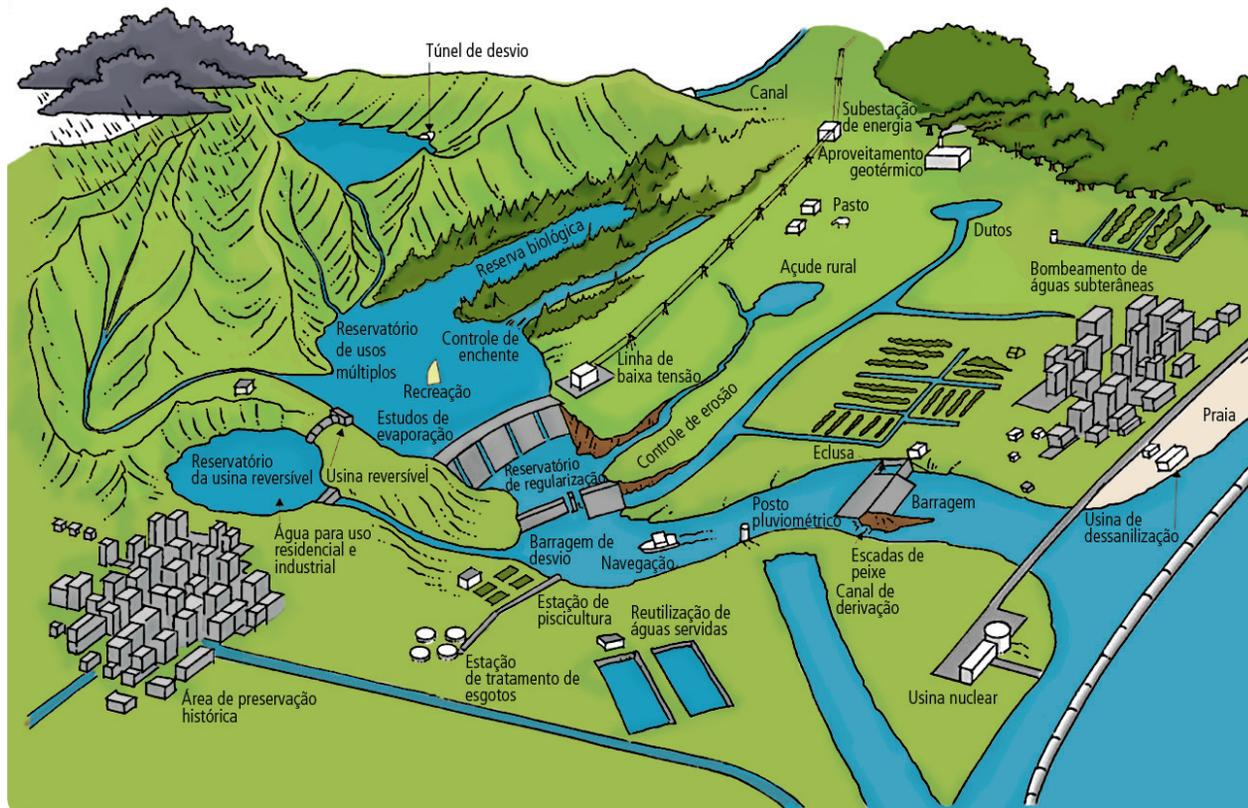
Diariamente o ser humano perde aproximadamente 2,5L de água, através da respiração, evacuação, urina e transpiração.

Além de suprir as necessidades metabólicas, a água é utilizada de diversas maneiras pelo homem, tais como para abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, geração de energia elétrica, navegação, assimilação e transporte de poluentes, preservação da flora e fauna, aquicultura, recreação (BRAGA et al. 2005; DERÍSIO, 2007).

Uso consuntivo da água: a água utilizada não retorna para a mesma fonte de onde é proveniente, por exemplo, água utilizada para a irrigação.

No uso não consuntivo: água retorna para a sua fonte. Por exemplo, água utilizada em alguns processos industriais.

Alguns exemplos dos usos da água podem ser verificados na Figura 4.1.



**Figura 4.1: Descrição dos usos da água**  
 Fonte: Braga et al. 2005 adaptado por Pedrozo e Kapusta

### 4.1.1 Abastecimento humano

Dentre os vários usos da água, esse é considerado o mais nobre e de vital importância à sobrevivência humana. A água a ser utilizada para abastecimento humano deve estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas. A Portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.



Acesse o Portal do Ministério da Saúde e navegue pela legislação. A Portaria N.º 518 de 25 de março de 2004, está disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria\\_518.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518.pdf)

### 4.1.2 Abastecimento industrial

A qualidade da água no abastecimento industrial dependerá do processo produtivo desenvolvido. Podem ser observadas as seguintes situações:

- a) quando a água é incorporada ao processo de fabricação do produto, tais como em indústrias alimentícias, de bebidas, farmacêuticas deve apresentar qualidade elevada, estando livre de organismos patogênicos e de substâncias tóxicas;

- b) quando a água entra em contato com a matéria-prima ou produto final, seus requisitos dependerão dos produtos a serem fabricados e do processo de fabricação;
- c) quando a água é utilizada, por exemplo em sistemas de resfriamento, sem contato com a matéria-prima ou com os produtos, deve estar isenta de substâncias que possam causar incrustações e corrosões nas tubulações e equipamentos;
- d) quando a água é utilizada em serviços complementares ao processo de fabricação, tais como limpeza de equipamentos, higiene dos operários, entre outros, seus requisitos são variados.

### **4.1.3 Irrigação**

A qualidade da água exigida dependerá do tipo de cultura a ser irrigada, por exemplo, para irrigar verduras e legumes que são consumidos crus, a água deve estar isenta de patógenos e de substâncias tóxicas.

### **4.1.4 Geração de energia elétrica**

Os requisitos de qualidade da água utilizada por meio da geração de vapor, nas usinas termelétricas, ou pelo aproveitamento de energia potencial ou cinética da água nas usinas hidrelétricas, são pouco restritivos. No entanto, deve-se ter o cuidado de controlar substâncias que possam prejudicar os equipamentos utilizados.

### **4.1.5 Navegação**

Para este uso, a água deve estar isenta de substâncias que sejam agressivas ao casco e condutos de refrigeração das embarcações.

### **4.1.6 Assimilação e transporte de poluentes**

Os principais poluentes aquáticos serão discutidos na Aula 5.

### **4.1.7 Preservação da flora e fauna**

Concentrações mínimas de alguns parâmetros físicos e químicos, essenciais à manutenção do equilíbrio ecológico, tais como oxigênio, teor de sais, entre outros.

### **4.1.8 Aquicultura**

Requer alguns requisitos específicos, tais como os mencionados para a preservação da flora e fauna, bem como requisitos de acordo com as espécies cultivadas.

### 4.1.9 Recreação

O contato com a água pode ser primário, por exemplo, atividades de natação; ou contato secundário, tais como contato em atividades como navegação. Esta água deve estar isenta de maus odores, turbidez excessivas, livre de organismos patogênicos e de substâncias tóxicas que possam vir a provocar danos à saúde.

A relação entre o uso da água e a qualidade requerida, pode ser visualizada no Quadro 4.1.

Quadro 4.1: Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade		
Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico.	-	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; - isenta de organismos prejudiciais a saúde; - adequada para serviços domésticos; - baixa agressividade e dureza; - esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de macrorganismos).
Abastecimento industrial.	- Água incorporada ao produto (alimentos, bebidas, remédios).	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; - isenta de organismos prejudiciais a saúde; - esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de macrorganismos).
	- água entra em contato com o produto.	- variável com o produto.
	- água não entra em contato com o produto (refrigeração, caldeira).	- baixa dureza; - baixa agressividade.
Irrigação.	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca.	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; - isenta de organismos prejudiciais a saúde; - salinidade não excessiva.
	Demais plantações.	- isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações; - salinidade não excessiva.
Dessedentação de animais.	-	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde dos animais; - isenta de organismos prejudiciais a saúde dos animais.
Preservação da flora e da fauna.	-	- variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar.
Aquicultura.	Criação de animais.	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde dos animais e dos consumidores; - isenta de organismos prejudiciais a saúde dos animais e dos consumidores; - disponibilidade de nutrientes.
	Criação de vegetais.	- isenta de substâncias químicas tóxicas aos vegetais e aos consumidores; - disponibilidade de nutrientes.

(continua)

Quadro 4.1: Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade		
Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Recreação e lazer.	Contato primário.	- isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; - isenta de organismos prejudiciais a saúde; - baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas.
	Contato secundário.	- aparência agradável.
Geração de energia.	Usinas hidrelétricas.	- baixa agressividade.
	Usinas nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento).	- baixa dureza.
Transporte.	-	- baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações.
Diluição de despejos.	-	-
<b>(conclusão)</b>		

Fonte: Von Sperling, 2005

## 4.2 Resolução CONAMA 357 de 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Pela referida Resolução, as águas doces são classificadas em:

**I classe especial** - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, **com desinfecção**;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

**II classe 1** - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, **após tratamento simplificado**;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.



Acesse a Resolução CONAMA 357 no site: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>

**III classe 2** - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, **após tratamento convencional;**
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, **com os quais o público possa vir a ter contato direto;**
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

**IV classe 3** - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, **após tratamento convencional ou avançado;**
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

**V classe 4** - águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

Para cada classe, são apresentadas as condições e os padrões de qualidade da água.

## Resumo

Nesta aula você verificou os usos da água, a classificação dos corpos hídricos, conforme a Resolução CONAMA 357 de 2005, bem como os padrões de qualidade exigidos.

## Atividades de aprendizagem

1. Acesse a Resolução CONAMA 357 de 2005, e verifique as condições e padrões de qualidade das águas doces. Explore também o artigo de Grassi (2001), citado na primeira aula e continue a montar seu portfólio.

# Aula 5 - Contaminantes e poluentes aquáticos

## Objetivo da aula

Conhecer os principais contaminantes e poluentes aquáticos.

### 5.1. Origens da poluição

A poluição das águas, oriundas das atividades antropogênicas, podem ter as seguintes origens:

- a) esgoto doméstico;
- b) efluentes industriais;
- c) drenagem urbana e rural;
- d) despejos de resíduos sólidos.

### 5.2 Principais contaminantes e poluentes aquáticos

Os poluentes são classificados de acordo com sua natureza e com os principais impactos causados pelo seu lançamento no meio aquático (BRAGA et al. 2005), conforme mostrado a seguir:

- a) **poluentes orgânicos biodegradáveis** – proteínas, carboidratos e gorduras. Provenientes principalmente de efluentes orgânicos;
- b) **poluentes orgânicos recalcitrantes ou refratários** – defensivos agrícolas, detergentes sintéticos, petróleo;
- c) **metais** – podem ser tóxicos ou carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos. Ex.: arsênico, bário, cádmio, cromo, chumbo e mercúrio. Provenientes principalmente de efluentes industriais;

**d) nutrientes** – principalmente nitrogênio e fósforo. Em quantidades elevadas podem levar ao processo de eutrofização;

**e) organismos patogênicos** – presentes principalmente em esgotos cloacais. Pode ocorrer a presença de bactérias, vírus, protozoários, helmintos;

**f) sólidos em suspensão** – oriundos dos processos de erosão, dragagens, entrada de efluentes nos ambientes aquáticos, entre outros;

**g) calor** – afeta as características físicas, químicas e biológicas da água;

**h) radioatividade** – utilizada pelo homem para fins bélicos, energéticos, de pesquisa, médicos ou de conservação de alimentos. Pode provocar a morte, aparecimento de várias doenças e mutações genéticas.



Assista ao vídeo: <http://www2.tvcultura.com.br/reportereco/materia.asp?materiaid=825>



Assista a apresentação do Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil, no *site* da Agência Nacional de Águas – ANA (Ministério do Meio Ambiente), disponível em: <http://www.ana.gov.br/sprteaw/1/1-ANA.swf>

No Quadro 5.1 podem ser verificados os principais poluentes e seus possíveis efeitos poluidores.

Quadro 5.1: Principais agentes poluidores da água						
Constituinte	Principais parâmetros representativos	Fonte				Possível efeito poluidor
		Águas residuárias		Águas pluviais		
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pastagem	
Sólidos em suspensão.	Sólidos em suspensão totais.	XXX	↔	XX	X	- Problemas estéticos; - Depósitos de lodo; - Adsorção de poluentes; - Proteção de patogênicos.
Matéria orgânica biodegradável.	Demanda bioquímica de oxigênio.	XXX	↔	XX	X	- Consumo de oxigênio; - Mortandade de peixes; - Condições sépticas.
Nutrientes.	Nitrogênio; Fósforo.	XXX	↔	XX	X	- Crescimento excessivo de algas; - Toxicidade aos peixes (amônia); - Doença em recém-nascidos (nitrito); - Poluição de água subterrânea.

(continua)

Quadro 5.1: Principais agentes poluidores da água						
Constituinte	Principais parâmetros representativos	Fonte				Possível efeito poluidor
		Águas residuárias		Águas pluviais		
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pastagem	
Organismos patogênicos.	Coliformes.	XXX	↔	XX	X	- Doenças de veiculação hídrica.
Matéria orgânica não biodegradável.	Pesticidas; Alguns detergentes; Produtos farmacêuticos; Outros.	XX	↔	X	XX	- Toxicidade (vários); - Espumas (detergentes); - Redução da transferência de oxigênio (detergentes); - Biodegradabilidade reduzida ou inexistente; - Maus odores (ex: fenóis).
Metais.	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc).	XX	↔	X		- Toxicidade; - Inibição do tratamento biológico dos esgotos; - Problemas na disposição do lodo na agricultura; - Contaminação da água subterrânea.
Sólidos inorgânicos dissolvidos.	Sólidos dissolvidos totais; Condutividade elétrica.	XX	↔		X	- Salinidade excessiva – prejuízo às plantações (irrigação); - Toxicidade a plantas (alguns íons); - Problemas de permeabilidade do solo (sódio).
<i>X: pouco    XX: médio    XXX: muito    ↔: variável    em branco: usualmente não importante</i>						
<b>(conclusão)</b>						

Fonte: Von Sperling, 2005

## Resumo

Nesta aula você conheceu os principais poluentes que ocorrem nos ambientes aquáticos.

## Atividades de aprendizagem

1. Considerando os poluentes estudados, quais os possíveis agentes poluidores da água em sua região? Identifique sua provável origem.



# Aula 6 - Comportamento dos poluentes no meio aquático

## Objetivo

Conhecer os mecanismos que influenciam os poluentes no meio aquático.

## 6.1 Mecanismos atuantes no meio aquático

Conforme Braga et al. (2005), os poluentes, ao atingir os corpos de água, sofrem a ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos existentes na natureza, que alteram seu comportamento e respectivas concentrações.

### 6.1.1 Mecanismos físicos

- a) **diluição:** redução da concentração original de uma substância, ao ser despejada em qualquer meio aquático;
- b) **ação hidrodinâmica:** movimentos dos corpos de água fazem variar a concentração no espaço e no tempo (advecção);
- c) **gravidade:** atua na sedimentação de substâncias poluidoras que são mais densas que o meio aquático, influenciando a qualidade da água;
- d) **luz:** a presença de luz é condição necessária para a existência de algas, que são fonte básica de alimento do meio aquático;
- e) **temperatura:** altera a solubilidade dos gases e a cinética das reações químicas, fazendo com que a interação dos poluentes com o ecossistema aquático seja bastante influenciada por sua variação.

### 6.1.2 Mecanismos bioquímicos

Em ecossistemas aquáticos, geralmente ocorre um equilíbrio natural entre seres produtores e consumidores, entre produção e consumo, entre a reação da fotossíntese e a reação da respiração. Para que essas reações ocorram, são necessários diversos elementos, tais como o nitrogênio, fósforo, potás-

sio, ferro, etc., além do carbono, oxigênio e hidrogênio. Após sua utilização, estes elementos precisam ser devolvidos ao meio, para participarem novamente na cadeia alimentar.

Esta devolução ao meio, ocorre através dos seres decompositores, que são microrganismos que vivem no lodo do fundo da água, tais como bactérias e outros organismos.



Para informações adicionais sobre a decomposição aeróbia e anaeróbia, acesse o site: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/urbana/index.html&conteudo=./agua/impactos.html>

Quando ocorre o despejo de matéria orgânica, nos ecossistemas aquáticos, os decompositores atuam na sua decomposição por meio de mecanismos bioquímicos. Como os decompositores aeróbios consomem oxigênio neste processo, ocorre a depleção do mesmo no ecossistema, podendo provocar a mortandade dos peixes e outros organismos mais sensíveis à diminuição de oxigênio. Em ausência de oxigênio, a decomposição é realizada pelas bactérias anaeróbias.



Para relembrar o processo de autodepuração e as zonas formadas, bem como suas características, acesse o material da disciplina de Bioindicação Ambiental (Unidade 11).

Em ambientes aquáticos, poluídos por matéria orgânica biodegradável, ocorre a **autodepuração**, que se realiza através de processos físicos, químicos e biológico.

A autodepuração contempla as seguintes etapas:

**Etapa 1** - decomposição da matéria orgânica;

**Etapa 2** - recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração.

## Resumo

Nesta aula você conheceu os principais mecanismos que influenciam os poluentes nos ambientes aquáticos.

## Atividades de aprendizagem

1. Considerando o conteúdo estudado nas aulas 5 e 6, a concentração e o tipo de poluentes nos corpos hídricos dependerão de quais características?

# Aula 7 - Indicadores físicos da qualidade da água

## Objetivo

Conhecer os principais indicadores físicos da qualidade da água.

### 7.1 Indicadores de qualidade da água

Não existe água pura na natureza, a não ser as moléculas de água presentes na atmosfera na forma de vapor. Assim que ocorre a condensação, começam a ser dissolvidos na água, por exemplo, gases atmosféricos. Dependendo das substâncias presentes na atmosfera, da litologia do terreno, da vegetação e de outros fatores intervenientes, as principais variáveis que caracterizam a qualidade da água apresentarão valores diferentes.

As variáveis físicas são medidas em escalas próprias, as variáveis químicas são usualmente dadas em concentração (mg/L) e as variáveis biológicas pela indicação da densidade populacional do organismo de interesse.

Para os indicadores físicos, químicos e microbiológicos, são citados alguns métodos analíticos, nas unidades. O procedimento operacional padrão do ensaio, é implementado pelo laboratório que realiza a análise, e geralmente segue as normas ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e o documento de referência STANDARD METHODS.

No Quadro 7.1 podem ser visualizados os principais parâmetros a serem considerados na análise da água.

**Quadro 7.1 – Principais parâmetros a serem investigados numa análise da água**

Características	Parâmetro	Águas para abastecimento				Águas residuárias		Corpos receptores	
		Água superficial		Água subterrânea		Bruta	Tratada	Rio	Lago
		Bruta	Tratada	Bruta	Tratada				
Parâmetros físicos	Cor	x	x	x <sup>(1)</sup>	x			x	x
	Turbidez	x	x	x	x			x	x
	Sabor e odor	x	x	x	x				
	Temperatura	x		x		x		x	x
Parâmetros químicos	pH	x	x	x	x	x		x	x
	Alcalinidade	x		x		x			
	Acidez	x		x					
	Dureza			x	x				
	Ferro e manganês	x	x	x	x				
	Cloretos	x		x					
	Nitrogênio	x	x	x	x	x	x	x	x
	Fósforo					x	x	x	x
	Oxigênio dissolvido						x <sup>(2)</sup>	x	x
	Matéria orgânica					x	x	x	x
Parâmetros biológicos	Micropol.inorg. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
	Micropol.orgân. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
	Organismos indicadores	x	x	x	x	x	x	x	x
	Algas (diversas)	x					x <sup>(2)</sup>		x
	Bactérias de-comp. (diversas)						x <sup>(2)</sup>		

**Notas**  
 (1) Causada por Fe e Mn.  
 (2) Durante o tratamento, para controle do processo.  
 (3) Devem ser analisados aqueles que possuírem alguma justificativa, devido ao uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Fonte: Von Sperling, 2005

## 7.2 Indicadores físicos

(KLEEREKOPER, 1990; VON SPERLING, 2005; BRAGA et al., 2005; DE-RÍSIO, 2007)

### 7.2.1 Sabor e odor

De acordo com Von Sperling (2005) estes parâmetros podem ter alterações de origem natural e antropogênica, conforme mostrado a seguir.

### 7.2.1.1 Origem natural

- a) decomposição de matéria orgânica: anaeróbia:  $H_2S$  – cheiro de ovo podre;
- b) microrganismos (ex: algas);
- c) gases dissolvidos ( $H_2S$ ).

### 7.2.1.2 Origem antropogênica

- a) despejos domésticos;
- b) despejos industriais;
- c) gases dissolvidos.

Se a origem for natural: sem inconveniente, mas podem ocorrer reclamações por parte de consumidores. Se a origem for antropogênica: pode indicar presença de substâncias potencialmente perigosas.

**Utilização da análise:** caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, em Estações de Tratamento de Água (ETA).

**Unidade:** concentração limite detectável.

**Resultados:** importante a identificação da origem do odor/sabor. Pelo Padrão de Potabilidade (Portaria 518 do Ministério da Saúde) odor e sabor são considerados não objetáveis.

### 7.2.2 Cor

Este parâmetro pode apresentar alterações de origem natural, tais como decomposição de compostos orgânicos, e influência de compostos inorgânicos, tais como a presença de ferro (coloração marrom, alaranjada) e manganês (negra). As alterações de origem antropogênica são as oriundas da influência do lançamento de esgotos domésticos (cor escura) e de efluentes industriais (dependem do processo produtivo envolvido).

Cor aparente – devido às partículas em suspensão e substâncias dissolvidas. Quando as partículas e substâncias são removidas por centrifugação ou filtração, tem-se a cor verdadeira.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de classe 2 e classe 3 o limite máximo para cor verdadeira é de 75mg Pt/L.

### 7.2.2.1 Coleta de amostras

Amostras para a determinação de cor podem ser coletadas em frasco de polietileno ou vidro.

Volume conforme orientação do laboratório que irá realizar a análise.

Prazo para análise: 48 horas.

#### Método de determinação

- a) Comparação visual;
- b) Espectrofotometria.

### 7.2.3 Temperatura

A temperatura influencia a densidade, viscosidade e movimentos de convecção da água. Naturalmente, este parâmetro pode ser afetado pela incidência de luz solar, sombreamento das árvores, profundidade da coluna d'água, além da transferência de calor por radiação, condução e convecção. Alterações de origem antropogênicas são decorrentes da entrada de efluentes aquecidos, através das águas de resfriamento e de efluentes industriais.

#### 7.2.3.1 Influências da temperatura

A temperatura pode influenciar:

- a) a solubilidade e transferência de gases na água;
- b) a velocidade das reações, especialmente nas reações lentas (exemplo: reações bioquímicas – enzimáticas);
- c) a quantidade de oxigênio disponível (quando  $T^{\circ} >$ , diminui o oxigênio);
- d) a ação tóxica de muitas substâncias;
- e) o metabolismo e atividades dos organismos, podendo alterar o ciclo reprodutivo de alguns organismos;
- f) o tempo de vida de algumas espécies aquáticas;

**Resultados:** devem ser analisados em conjunto com outros parâmetros, por exemplo, oxigênio dissolvido.

Resolução CONAMA 357 - padrões de lançamento: o efluente deve ter temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura.

## 7.2.4 Turbidez

Grau de interferência com a passagem da luz através da água, devido à presença de sólidos em suspensão.

A turbidez pode ocorrer naturalmente em ambientes aquáticos, devido à erosão, onde ocorre a entrada de partículas de argila, silte, bem como pela proliferação de microrganismos, algas. Pode ser intensificada pelo lançamento de esgoto doméstico, efluente industrial, erosão (devido ao desmatamento do entorno dos corpos hídricos), proliferação de microrganismos (devido à excessiva entrada de nutrientes), dragagem.

### 7.2.4.1 O aumento de turbidez

O aumento da turbidez pode influenciar:

- a) a penetração de luz (afetando indiretamente a fotossíntese).
- b) os organismos, através do aumento da abrasão, entupimento do sistema respiratório e prejuízo na capacidade de alimentação.
- c) a natureza do substrato quando sedimentam.
- d) adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (estética).
- e) pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

Este parâmetro é utilizado na caracterização de águas e no controle da operação das estações de tratamento de água.

### 7.2.4.2 Coleta de amostras

- Frasco: polietileno ou vidro.
- Volume coletado: conforme orientação do laboratório que irá realizar a análise.
- O tempo máximo entre a coleta e a análise: 48 horas, preferencialmente nas primeiras 24 horas.

**Método de determinação:** método nefelométrico através de turbidímetros ou método espectrofotométrico.

**Unidade:** UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez (ou NTU sigla em inglês)

### 7.2.5 Sólidos em água

De acordo com Von Sperling (2005) todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, que podem ser classificados por tamanho e estado (em suspensão ou dissolvidos), pelas características químicas (voláteis ou fixos) e pela sua sedimentabilidade (em suspensão sedimentáveis ou não sedimentáveis).

#### Coleta de amostras – Sólidos totais

- Frasco: polietileno ou vidro.
- Volume coletado: conforme orientação do laboratório que irá realizar a análise.
- O tempo máximo entre a coleta e a análise: 7 dias.

**Método de determinação:** é o método gravimétrico, com exceção dos sólidos sedimentáveis no qual se utiliza geralmente o método volumétrico.

### 7.2.6 Condutividade

Capacidade da solução em conduzir corrente elétrica. Quanto maior a concentração de íons em solução, maior a condutividade.

#### 7.2.6.1 Aplicabilidade da análise

- a) informações sobre a concentração total dos íons;
- b) informações sobre os processos como produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento);
- c) pode ajudar a detectar fontes poluidoras.

#### 7.2.6.2 Determinação

**Método eletrométrico:** utilizando-se um Condutímetro – medida da condutância entre dois eletrodos.

**Unidade:**  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siemens por cm).

## Resumo

Nesta aula você conheceu os indicadores físicos de qualidade da água.

## Atividades de aprendizagem

1. Considerando os indicadores físicos estudados nesta aula, observe os ambientes aquáticos existentes na região onde você mora. Qual a cor da água? Ela está turva? Apresenta algum odor? Qual a temperatura? Observe o seu entorno, a cor e a temperatura são influenciadas pela vegetação? Suas características são naturais ou sofrem a influência antropogênica?



# Aula 8 – Indicadores químicos da qualidade da água

## Objetivo

Conhecer os principais indicadores químicos da qualidade da água.

## 8.1 Indicadores químicos

(KLEEREKOPER, 1990; VON SPERLING, 2005; BRAGA et al., 2005 e DERÍSIO, 2007)

As características químicas da água ocorrem em função da presença de substâncias dissolvidas, geralmente mensuráveis somente por meios analíticos.

### 8.1.1 pH

Representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  (em escala antilogarítmica), que varia de 0 a 14 (Escala Sørensen).

Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons  $H^+$ .

O pH é principalmente uma função do sistema carbonato, composto de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) e carbonato ( $CO_3^{2-}$ ).

#### 8.1.1.1 Ecossistemas naturais com baixos valores de pH

- a) Águas estagnadas, ricas em matéria orgânica (turfeiras, faixas de restinga), presença de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, carbônico; pH entre 4 e 5;
- b) Regiões vulcânicas,  $pH < 2$ .

#### 8.1.1.2 Ecossistemas naturais com elevados valores de pH

- a) Geralmente em regiões onde a precipitação é menor do que a evaporação, por exemplo: alguns açudes nordestinos  $pH > 8$ , secas prolongadas  $pH > 9$ ;
- b) Regiões influenciadas pelo mar;

- c) Regiões ricas em cálcio.

### **8.1.1.3 Origem das variações de pH**

#### **a) Natural:**

- dissolução de rochas;
- absorção de gases da atmosfera;
- oxidação da matéria orgânica;
- fotossíntese.

#### **b) Antropogênica:**

- esgotos domésticos, industriais, mineração, chuva ácida.

### **8.1.1.4 Efeitos**

- a) Pode afetar a permeabilidade de membranas em organismos (transporte de íons);
- b) Interferência nas funções fisiológicas dos organismos (respiração);
- c) Interferência nos movimentos e osmorregulação em protozoários.

### **8.1.1.5 Alteração no pH pode influenciar**

- a) Disponibilidade de metais tóxicos;
- b) Degradação de matéria orgânica;
- c) Corrosividade e agressividade nas tubulações e peças das águas de abastecimento (pH baixo);
- d) Incrustações em tubulações (pH elevado);
- e) A vida aquática.

### **8.1.1.6 Aplicabilidade**

- a) Controle dos processos na Estação de Tratamento de Água e esgoto;
- b) Caracterização de águas de abastecimento e águas residuárias;
- c) Em tratamentos de efluentes industriais: controle de processos físicos e químicos.

### **8.1.1.7 Legislação**

- a) Resolução CONAMA nº 357/2005. Proteção à vida aquática: pH entre 6 e 9;

- b) pH é padrão de classificação de águas naturais e é componente do IQA (CETESB).

### 8.1.1.8 Determinação do pH

- a) Método colorimétrico;
- b) pHmetro.

## 8.1.2 Oxigênio

Indispensável às funções vitais. Proveniente da atmosfera e da assimilação fotossintética das plantas submersas. A diminuição de oxigênio em ambientes aquáticos deve-se principalmente aos processos de oxidação, tais como a respiração e a decomposição.

### 8.1.2.1 Utilização do parâmetro

- a) Controle operacional de estações de tratamento de esgoto.
- b) Caracterização de corpos d'água.

### 8.1.2.2 Determinação

- a) Método eletrométrico: oxímetro.
- b) Método Winkler.

**Unidade:** mg.L<sup>-1</sup>.

## 8.1.3 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. É uma indicação indireta, do carbono orgânico biodegradável (VON SPERLING, 2005).

Geralmente o resultado é expresso em DBO<sub>5,20</sub> devido a análise ser realizada por um período de 5 dias a uma temperatura de 20°C.

De acordo com Von Sperling (2005), simplificada, a análise de DBO é efetuada da seguinte maneira: determina-se a concentração de oxigênio dissolvido da amostra, no dia da coleta. A amostra é mantida em um frasco fechado e incubada a 20°C, por um período de 5 dias, quando então é efetuada novamente a determinação de oxigênio. A diferença entre o teor de oxigênio no dia zero e no dia 5 representa o oxigênio consumido para a oxidação da matéria orgânica, sendo, portanto a DBO<sub>5</sub>.



Assista a análise no site:  
<http://www.youtube.com/watch?v=W40guL2Wc9g>

Em efluentes com grande concentração de matéria orgânica, devem-se efetuar diluições.

### 8.1.4 Série de nitrogênio - (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)

No meio aquático o elemento químico nitrogênio (N) pode ser encontrado sob diversas formas: nitrogênio molecular ( $N_2$ ), escapando diretamente para a atmosfera; nitrogênio orgânico (Norg); amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ); nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ).

No ambiente aquático, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer as seguintes informações sobre a poluição:

- a) predominância de nitrogênio na forma orgânica ou de amônia pode estar associada à poluição recente ou próxima do local amostrado;
- b) predominância de nitrito e nitrato pode estar associada à poluição mais antiga ou longe do local amostrado.



Para relembrar o processo de autodepuração e as zonas formadas, bem como suas características, acesse o material da disciplina de Bioindicação Ambiental (Unidade 11).

Nas zonas de autodepuração natural em rios, distingue-se a presença de:

- a) nitrogênio orgânico na zona de degradação;
- b) nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa;
- c) nitrito na zona de recuperação;
- d) nitrato na zona de águas limpas.

A determinação de nitrato é feita através de espectrofotometria.

### 8.1.5 Fósforo

No ambiente aquático o fósforo pode ser encontrado na forma de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico.

O ortofosfato é a forma diretamente assimilada pelas algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, decomposição de matéria orgânica, fósforo de composição celular de microrganismos) ou antropogênicos (esgotos, despejos industriais, detergentes, fertilizantes, pesticidas, excrementos de animais). Concentrações excessivas de fósforo podem influenciar o crescimento exagerado de

algas, levando a eutrofização do ambiente.

A determinação de fósforo é feita através de espectrofotometria.

## Resumo

Nesta aula você conheceu os indicadores químicos de qualidade da água.



Leia o artigo de Guimarães & Nour (2001) - Tratando Nossos Esgotos: Processos que imitam a natureza. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>

## Atividades de aprendizagem

1. Pesquise trabalhos desenvolvidos sobre a caracterização de ambientes aquáticos em sua região. Analise os resultados dos indicadores químicos e os relacione com a Resolução CONAMA 357/2005.



# Aula 9 – Indicadores microbiológicos e índice de qualidade da água

## Objetivo

Conhecer os indicadores microbiológicos da qualidade da água e o índice calculado para analisar a qualidade da água.

## 9.1 Indicadores microbiológicos

Os principais indicadores de contaminação fecal em águas são os coliformes fecais (CF) preferencialmente denominados de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

Os coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal, pois englobam os organismos de vida livre (associados ou não à contaminação).

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), sendo abundantes nas fezes humanas e de animais. É a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2005). Ainda segundo o autor, a sua detecção não dá garantia de que a contaminação seja humana, uma vez que esta bactéria também pode ser encontrada em fezes de outros animais.

Existem várias metodologias para a detecção de coliformes, tais como os métodos de tubos múltiplos, membrana filtrante e substrato cromogênico.

## 9.2 Índice de qualidade da água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi proposto pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos da América. A sua criação se baseou numa pesquisa de opinião feita entre 142 especialistas, os quais indicaram os parâmetros que deveriam ser medidos, bem como sua importância relativa. Dos 35 parâmetros indicados inicialmente, acabaram sendo selecionados 9: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, temperatura, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Para esses nove, cada profissional elaborou uma curva de variação de qualidade, que fornece uma “nota” entre zero e cem, dependendo da concentração ou do valor do parâmetro ou variável pesquisada (Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – PR. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=45.conteudo=45>).



Acesse o site da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp)

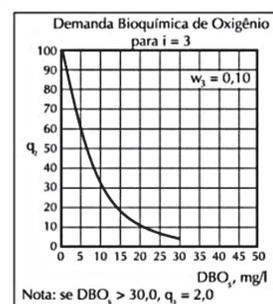
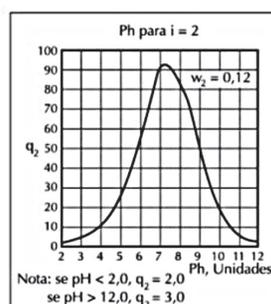
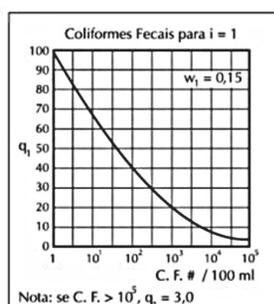
No Brasil, este índice sofreu algumas adaptações e é utilizado em diagnósticos e monitoramento da qualidade ambiental dos recursos hídricos.

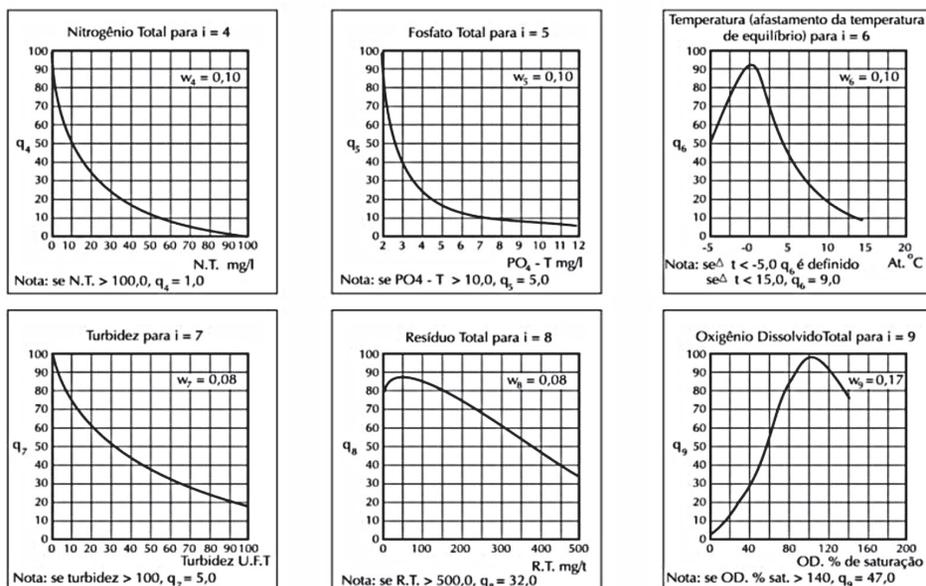
Conforme Braga et al. (2005), o índice é uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos. O IQA é calculado da seguinte maneira:

$$IQA = \prod_{i=1}^N q_i^{w_i}$$

Onde: N é o número de parâmetros utilizados no cálculo do índice,  $q_i$  é o valor do parâmetro i em uma escala de 0 a 100 e  $w_i$  é o peso atribuído ao parâmetro i. Na Figura 9.1 estão mostradas as curvas  $q_i$  para os 9 parâmetros componentes do IQA utilizado pela CETESB no Estado de São Paulo.

A partir do resultado do índice, verifica-se em uma tabela a classificação da água analisada.





**Figura 9.1: Curvas individuais dos componentes do IQA**

Fonte: CETESB, 1990 In Braga et al. 2005

O IQA utilizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM) é o da NSF – *National Sanitation Foundation*, adaptado com a retirada do parâmetro temperatura, e utilizando o nitrogênio amoniacal no lugar do nitrato. A adaptação do IQA foi feita por técnicos da FEPAM, CORSAN e DMAE quando da criação da Rede Integrada do Rio dos Sinos, em 1990. O IQA adotado pela FEPAM utiliza as faixas de qualidade que constam na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Faixas do Índice de Qualidade das Águas – IQA, adotado pelo NSF - <i>National Sanitation Foundation</i>	
Faixa de IQA	
Nota	Conceito
0 a 25	Muito Ruim
26 a 50	Ruim
51 a 70	Regular
71 a 90	Boa
91 a 100	Excelente

Fonte: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>

Procure dados de IQA para rios que ocorrem na sua região. Observe e analise os resultados. É possível também acessar o *site* da FEPAM: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>, onde são disponibilizados os resultados do IQA para os rios Gravataí, Sinos, Caí, Taquari-Antas e Jacuí. Escolha um dos rios e analise os resultados.



Além do IQA, são utilizados outros índices para o monitoramento de corpos hídricos.



Conforme pode ser acessado no site <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>

Desde 2002, a CETESB tem utilizado índices específicos para os principais usos do recurso hídrico, a seguir:

- a) águas destinadas para fins de abastecimento público - IAP;
- b) águas destinadas para a proteção da vida aquática - IVA e
- c) águas destinadas para o banho - classificação da praia.

Conforme consta no referido *site*, o uso de um índice numérico global foi considerado inadequado, devido à possibilidade de perda de importantes informações, tendo sido proposta a representação conjunta dos três índices.



Acesse o *site* da CETESB: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap.asp), e verifique os parâmetros que compõem o IAP - índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público e o IVA - índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática.

## Resumo

Nesta aula você conheceu os indicadores microbiológicos e o índice de qualidade da água (IQA).

## Atividades de aprendizagem

1. Pesquise na internet resultados do IQA para os ambientes aquáticos que existem em sua região. Acesse o *site* da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível em: <http://www.ana.gov.br/sprtew/1/1-ANA.swf>, clique em mapas temáticos e selecione a região hidrográfica na qual seu município está inserido. Verifique as informações sobre o IQA, a assimilação de cargas de esgoto e as áreas críticas. Discuta as informações no fórum da disciplina no AVEA.

# Aula 10 – Coleta e preservação de amostras de água

## Objetivo

Conhecer as técnicas de coleta e preservação de amostras de água.

### 10.1 Técnicas de coleta e preservação de amostras de água

Coletas para a análise das variáveis da água podem ser realizadas no meio do canal de um rio, ou nas margens, dependendo do objetivo do trabalho.

Alguns parâmetros tais como a temperatura da água, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido, podem ser medidos no campo, no momento da coleta, com o auxílio de equipamentos portáteis.

Para outros parâmetros, deve-se efetuar a coleta de água e posterior análise em laboratório. A coleta mais comum de água é por meio de garrafas do tipo Niskin ou Van Dorn, que são praticamente iguais. Na falta destas pode-se utilizar balde plástico comum. No entanto, comprovadamente, o uso desses recipientes tende a aerar a amostra, aumentando a concentração do oxigênio dissolvido.

Quando a amostra de água coletada for destinada a análises químicas e microbiológicas, deve-se proceder de forma a evitar a contaminação da amostra por manuseio inadequado.

### 10.2 Procedimentos pré e pós-coletas

A análise de uma amostra, independente do tipo, exige sempre a máxima cautela para evitar alterações resultantes dos processos de amostragem, preservação e determinação.

Uma vez obtidas as amostras a partir dos coletores específicos, torna-se crucial armazená-las em frascos adequados para cada tipo de determinação posterior, pois o material do qual o recipiente é feito pode acarretar contaminações. Quando as amostras não podem ser analisadas imediatamente



Acesse o Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água, Florianópolis, SC, 2009. Disponível no site do Ministério Público de SC: [http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/conteudo/cao/cme/atividades/agua\\_limpa/manual\\_coleta\\_agua.pdf](http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/conteudo/cao/cme/atividades/agua_limpa/manual_coleta_agua.pdf) e verifique os procedimentos utilizados para a coleta e preservação de amostras.

após a coleta, alguma forma de preservação deve ser adotada a fim de evitar alterações em sua composição original, observe o Quadro 10.1.

Quadro 10.1: Tipo de determinação e recipientes	
Tipo de Determinação	Recipiente
Concentração de sedimentos em suspensão.	Frascos de polietileno previamente enxaguados com água destilada.
Concentração de íons maiores e nutrientes.	Frascos de polietileno previamente enxaguados com HCl (20 % v/v) e água ultra pura.
Concentração de metais pesados e elementos-traço.	Frascos de polietileno previamente enxaguados com HNO <sub>3</sub> redestilado.
Concentração de compostos orgânicos.	Frascos de vidro, queimados por 6 horas em mufla a 500 °C com tampas de teflon.
Concentração de gases dissolvidos.	Frascos de vidro com bom isolamento da atmosfera, como os de DBO.

## Resumo

Nesta aula você conheceu coleta e preservação de amostras de água.

## Atividades de aprendizagem

1. Visite uma ETA ou ETE em sua cidade, observe os processos e indicadores físicos, químicos e biológicos utilizados (coleta e análises laboratoriais). Poste suas impressões no fórum da disciplina no AVEA.

## Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington. DC. 21th ed., 2005. 1600p.

BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia**. Editora Rima. 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2º Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 318p. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 274/2000** - de 29/11/2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 357/2005**. "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências". Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH. **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N.º 518/2004 de 25 de março de 2004**. "Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências". Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria\\_518.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518.pdf). Acesso em 14 jan 2010.

DAJOZ, R. **Princípios de Ecologia**. São Paulo: Ed. Artmed, 2005. 519p.

Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp W. M. & Yáñez-Arancibia, A. **Estuarine Ecology**. A Wiley-Interscience Publication/John Wiley & Sons. 1989. 557p.

DERÍSIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3º Edição. São Paulo: Signus Editora, 2007. 192p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa Arroz e Feijão Sistemas de Produção, No. 4 ISSN 1679-8869 Versão eletrônica Dez/2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/glossario.htm#s>. Acesso em: 27 nov 2009.

ESTEVES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988. 575p.

**GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo**. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília : MMA; ANA, 2007. 60 p.: il. (GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos)

GLEICK, P. H, **Recursos de água**. Na Enciclopédia do Clima e Tempo, ed. Por Superlogo H. Schneider, Oxford University Press, Nova Iorque, vol. 2, pág. 817-823, 1996. Disponível em: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>. Acesso em 28 jan 2009.

GRASSI, M. T. **As Águas do Planeta Terra**. Caderno Temático Química Nova na Escola. 2001. V1: 30 - 40. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em 04 jan 2010.

GUIMARÃES, J.R.& NOUR, E.A A. **Tratando Nossos Esgotos**: Processos que imitam a natureza. Caderno Temático Química Nova na Escola. 2001. V1: 19 - 30.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, 56 (3): 275–370. 1945.

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 04 jan 2010.

Kleerekoper, H. **Introdução ao estudo da limnologia**. Ed. da UFRGS. 330p. 1990.

KJERFVE, B. **Estuarine geomorphology and physical oceanography**. In: DAY JR, J.W.; HALL, C.H.A.S.; KEMP, W.M.; YÁÑEZ-ARANCIBA, A. (eds.). Estuarine ecology. New York: Wiley-Interscience, 1989. pp. 47-78. W.M.; YÁÑEZ-ARANCIBA, A. (eds.). Estuarine ecology. New York: Wiley-Interscience, 1989. pp. 47-78.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SANTA CATARINA. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente – CME. **Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água**. Florianópolis, SC. 2009. 37P. Disponível em: [http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/conteudo/cao/cme/atividades/agua\\_limpa/manual\\_coleta\\_agua.pdf](http://www.mp.sc.gov.br/portal/site/conteudo/cao/cme/atividades/agua_limpa/manual_coleta_agua.pdf). Acesso: 04 de jan 2010.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A. 1988. 434 p.

REDE BRASIL. Disponível em: [http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id\\_word=31](http://www.redeambiente.org.br/dicionario.asp?letra=A&id_word=31). Acesso em 29 dez 2009.

SCHÄFFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS. 1985. 532 p.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology, **Geological Society of America Bulletin**, 63 (11): 1117–1142. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, 8 (6): 913–920 . 1957.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T.M. **Limnologia**. Oficina de Textos. 2008.

US GEOLOGICAL SURVEY, tradução Jayme Nery, disponível em: <http://ga.water.usgs.gov/edu/graphics/portuguese/earthwheredistribution.gif>. Acesso em 28 dez 2009

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. ; CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v.37, pp. 130-137.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WELLCOMME, 1979. Fisheries ecology of floodplain Rivers. Longman, London. 371 p.

WIKIPEDIA. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki>. Acesso em 04 jan 2010.

Winge, M. et. al. 2001. **Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível em <http://www.unb.br/ig/glossario/>. Acesso em 04 jan 2010

Connecticut Water Trails Program, disponível em <http://connecticutwatertrails.com/CWTA%20-%20Lake%20-%20Biological%20Properties%20Of%20A%20Lake.htm>. Acesso em 14 jan 2010.

EPA United States Environmental Protection Agency. Adapted for the Internet from Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. The Federal Interagency Stream Restoration Work Group (1998). Disponível em: <http://www.epa.gov/watertrain/stream/s29.jpg>. Acesso em 14 jan 2010.

## Currículo das professoras-autoras



Catarina da Silva Pedrozo possui graduação em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1985), mestrado em Bio-ciências (Zoologia) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1995) e doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2000). Atualmente é professora do Departamento de Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atua na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de Ecossistemas, principalmente nos seguintes temas: zooplâncton, avaliação ambiental, águas superficiais, água e monitoramento.



Simone Caterina Kapusta é formada em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1997). Mestre em Ecologia e Doutora em Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ecossistemas Aquáticos, com ênfase em Comunidade Bentônica, atuando principalmente nos seguintes temas: macrofauna bentônica, meiofauna, identificação de Nematoda, utilização de bioindicadores em ambientes aquáticos. Integra grupos multidisciplinares de avaliação ambiental. É Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Porto Alegre.



**e-Tec Brasil**  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

ISBN: 978-85-64270-02-2